

Best Available Copy

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-309420

(43)Date of publication of application : 04.11.1994

(51)Int.Cl.

G06F 15/60
H03B 29/00

(21)Application number : 05-101263

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 27.04.1993

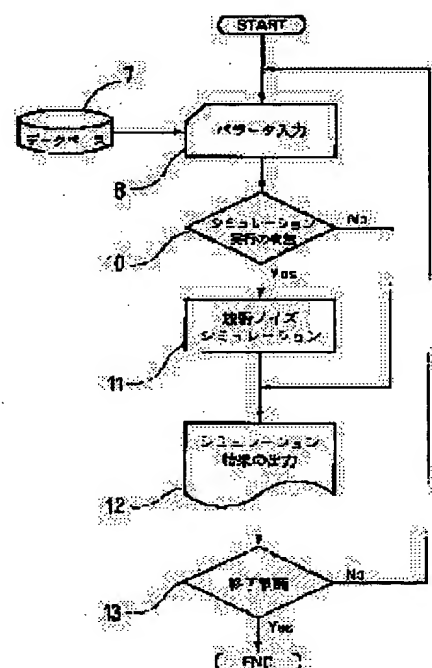
(72)Inventor : MIYAZAKI CHIHARU
EZAKI MITSUNOBU
OKA NAOHITO

(54) METHOD FOR SIMULATING RADIATION NOISE

(57)Abstract:

PURPOSE: To reduce the number of wirings for executing simulation and to shorten time required for simulation and design time by providing this simulation method with a function for judging the existence of simulation execution in each wiring.

CONSTITUTION: A parameter for judging the existence of simulation execution is inputted to a parameter input part 8 by an operator or read out from a data base 7. For example, clock frequency, the waveform, amplitude, rise time, fall time of each signal, duty, wiring length, the dielectric constant of a base, and the thickness of a dielectric substance are used as parameters. The function 10 for judging the existence of simulation execution judges the existence of simulation execution in each wiring by using these parameters. A radiation noise simulation executing part 11 applies radiation noise simulation to wiring whose simulation necessity is judged.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

17.11.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3047950

[Date of registration]

24.03.2000

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-309420

(43)公開日 平成6年(1994)11月4日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 6 F 15/60

H 0 3 B 29/00

識別記号

4 5 0

庁内整理番号

7623-5L

9182-5J

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 16 頁)

(21)出願番号

特願平5-101263

(22)出願日

平成5年(1993)4月27日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 宮崎 千春

鎌倉市大船二丁目14番40号 三菱電機株式

会社生活システム研究所内

(72)発明者 江崎 光信

鎌倉市大船二丁目14番40号 三菱電機株式

会社生活システム研究所内

(72)発明者 岡 尚人

鎌倉市大船二丁目14番40号 三菱電機株式

会社生活システム研究所内

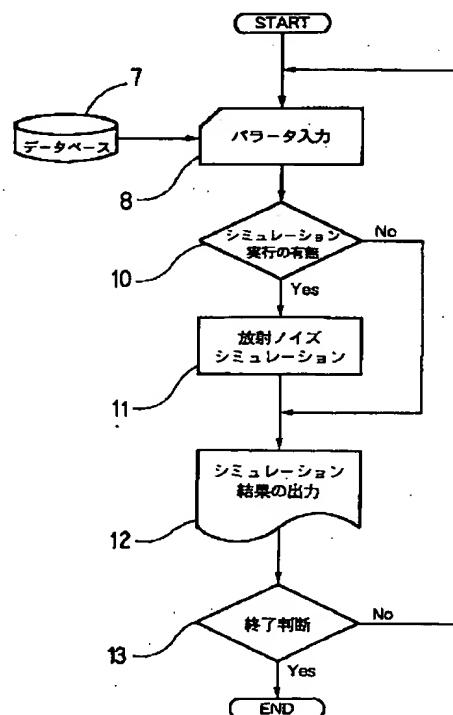
(74)代理人 弁理士 高田 守

(54)【発明の名称】 放射ノイズのシミュレーション方法

(57)【要約】

【目的】 放射ノイズのシミュレーションを実行する配線の数を少なくすること、また希望する大きさの放射ノイズになるまで繰り返すシミュレーションの回数を減らすことにより、設計時間を短縮することのできる放射ノイズのシミュレーション方法を提供する。

【構成】 放射ノイズをシミュレーションする機能と、シミュレーションに必要なパラメータを入力する機能と、シミュレーションした結果を出力する機能を持った放射ノイズシミュレーションシステムにおいて、各配線に対してシミュレーション実行の有無を判断する機能を設けたものである。



(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 放射ノイズをシミュレーションする機能と、シミュレーションに必要なパラメータを入力する機能と、シミュレーションした結果を出力する機能を持った放射ノイズシミュレーションシステムにおいて、各配線に対してシミュレーション実行の有無を判断する機能を設けたことを特徴とする放射ノイズのシミュレーション方法。

【請求項2】 シミュレーション実行の有無を判断するものとして配線長を用いたことを特徴とする請求項1記載の放射ノイズのシミュレーション方法。

【請求項3】 シミュレーション実行の有無を判断するものとして配線長と周波数を用いたことを特徴とする請求項1記載の放射ノイズのシミュレーション方法。

【請求項4】 シミュレーション実行の有無を判断するものとして配線長と周波数と電圧を用いたことを特徴とする請求項1記載の放射ノイズのシミュレーション方法。

【請求項5】 シミュレーション実行の有無を判断するものとして配線長と周波数と電圧と信号の立ち上がりを用いたことを特徴とする請求項1記載の放射ノイズのシミュレーション方法。

【請求項6】 シミュレーション実行の有無を判断するものとして配線長と周波数と電圧と信号の立ち上がり時間と基板の誘電体厚を用いたことを特徴とする請求項1記載の放射ノイズのシミュレーション方法。

【請求項7】 放射ノイズをシミュレーションする機能と、シミュレーションに必要なパラメータを入力する機能と、シミュレーションした結果を出力する機能を持った放射ノイズシミュレーションシステムにおいて、放射ノイズのシミュレーションを実行する前に放射ノイズの大きな配線をチェックし、パラメータの修正を可能にしたことを特徴とする放射ノイズのシミュレーション方法。

【請求項8】 シミュレーション実行の有無を判断し放射ノイズのシミュレーションを実行する前に、放射ノイズの大きな配線をチェックし、パラメータの修正を可能にしたことを特徴とする請求項1～6項いずれかに記載の放射ノイズのシミュレーション方法。

【請求項9】 パラメータ変更の有無の判断およびシミュレーション実行の有無を判断するための判別式を同一にし、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータをパラメータ変更の有無の判断に用いるパラメータの2～5倍程度にしたことを特徴とする請求項8の放射ノイズのシミュレーション方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、電子装置等から発生する放射ノイズのシミュレーション方法に関するものである。

2

【0002】

【従来の技術】 図12は、例えばElectronic Packaging Technology (vol. 7 No. 11 1991. 11) に記載された従来の放射ノイズシミュレーションシステムである。図12は放射ノイズをシミュレーションするためのモジュールを含むプリント基板設計CADの概要図である。図12において、1は放射ノイズシミュレーション用モジュール、2は物理設計用CAD、3はデータベースである。

【0003】 図12において、放射ノイズのシミュレーションは物理設計用CAD 2上の放射ノイズシミュレーション用モジュール1において行われる。まず、物理設計用CAD 2において物品レイアウト、ルーティングを行い、それぞれが終了した段階で全ての配線について放射ノイズのシミュレーションが行われる。シミュレーションに必要なパラメータには波形、クロック周波数、立ち上がり時間等の信号パラメータ、配線長、GNDグリッドサイズ等のレイアウト／ルーティングパラメータ、入出力抵抗、入出力キャパシタンス等のデバイスパラメータがあり、それぞれ放射ノイズシミュレーション用モジュール1、物理設計用CAD 2、データベース3により与えられるか個別に入力することにより決定する。シミュレーションされた結果は、各配線がそれぞれの放射ノイズの大きさに対応する6段階の色に分類され、CADディスプレイ上に表示される。シミュレーションした結果、放射ノイズが大きい場合には各パラメータを変更して再度シミュレーションを行い、希望する大きさの放射ノイズになるまでパラメータの変更およびシミュレーションを繰り返す。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 従来の放射ノイズのシミュレーション方法は以上のように全ての配線についてシミュレーションを行うとともに、シミュレーションを行わないとその結果が解らず、放射ノイズが大きい場合には希望する大きさになるまでパラメータの変更、シミュレーションを繰り返さなければならないため時間がかかる。

【0005】 この発明は、上記のような問題点を解決するためになされたもので、シミュレーションを実行する配線の数を少なくすること、また希望する大きさの放射ノイズになるまで繰り返すシミュレーションの回数を減らすことにより、設計時間を短縮することのできる放射ノイズのシミュレーション方法を提供する。

【0006】

【課題を解決するための手段】 請求項1の放射ノイズのシミュレーション方法は、放射ノイズをシミュレーションする機能と、シミュレーションに必要なパラメータを入力する機能と、シミュレーションした結果を出力する機能を持った放射ノイズシミュレーションシステムにお

50

(3)

3

いて、各配線に対してシミュレーション実行の有無を判断する機能を設けたものである。

【0007】請求項2の放射ノイズのシミュレーション方法は、請求項1のものにおいて、シミュレーション実行の有無を判断するものとして配線長を用いたものである。

【0008】請求項3の放射ノイズのシミュレーション方法は、請求項1のものにおいて、シミュレーション実行の有無を判断するものとして配線長と周波数を用いたものである。

【0009】請求項4の放射ノイズのシミュレーション方法は、請求項1のものにおいて、シミュレーション実行の有無を判断するものとして配線長と周波数と電圧を用いたものである。

【0010】請求項5の放射ノイズのシミュレーション方法は、請求項1のものにおいて、シミュレーション実行の有無を判断するものとして配線長と周波数と電圧と信号の立ち上がりを用いたものである。

【0011】請求項6の放射ノイズのシミュレーション方法は、請求項1のものにおいて、シミュレーション実行の有無を判断するものとして配線長と周波数と電圧と信号の立ち上がり時間と基板の誘電体厚を用いたものである。

【0012】請求項7の放射ノイズのシミュレーション方法は、放射ノイズをシミュレーションする機能と、シミュレーションに必要なパラメータを入力する機能と、シミュレーションした結果を出力する機能を持った放射ノイズシミュレーションシステムにおいて、放射ノイズのシミュレーションを実行する前に放射ノイズの大きな配線をチェックし、パラメータの修正を可能にしたものである。

【0013】請求項8の放射ノイズのシミュレーション方法は、請求項1～6のものにおいて、シミュレーション実行の有無を判断し放射ノイズのシミュレーションを実行する前に、放射ノイズの大きな配線をチェックし、パラメータの修正を可能にしたものである。

【0014】請求項9の放射ノイズのシミュレーション方法は、請求項8において、パラメータ変更の有無の判断およびシミュレーション実行の有無を判断するための判別式を同一にし、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータをパラメータ変更の有無の判断に用いるパラメータの2～5倍程度にしたものである。

【0015】

【作用】請求項1の放射ノイズのシミュレーション方法は、放射ノイズのシミュレーションを実行する配線の数进行を少なくすることにより、放射ノイズシミュレーションにかかる時間を短縮することができるため、設計時間を短縮することができる。

【0016】請求項2の放射ノイズのシミュレーション方法は、シミュレーション実行の有無を判断するパラメ

4

ータとして配線長を用いることにより、非常に簡単に、しかも非常に短い時間でシミュレーション実行の有無を判断することができるため、設計時間を短縮できる。

【0017】請求項3の放射ノイズのシミュレーション方法は、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長とクロック周波数の積を用いることにより比較的簡単に、しかも短い時間で各電子装置のクロック周波数に合った、より正確なシミュレーション実行の有無を判断することができるため、設計時間を短縮できる。

【0018】請求項4の放射ノイズのシミュレーション方法は、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長、クロック周波数および信号電圧の振幅の積を用いることにより簡単に、しかも短時間で各電子装置のクロック周波数および信号電圧の振幅に合った、より正確なシミュレーション実行の有無を判断することができるため、設計時間を短縮できる。

【0019】請求項5の放射ノイズのシミュレーション方法は、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長、クロック周波数、信号電圧の振幅の積を信号の立ち上がり時間で割った値を用いることにより簡単に、しかも短時間で各電子装置のクロック周波数、信号電圧の振幅および信号の立ち上がり時間に合った、より正確なシミュレーション実行の有無を判断することができるため、設計時間を短縮できる。

【0020】請求項6の放射ノイズのシミュレーション方法は、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長、クロック周波数、信号電圧の振幅および誘電体厚の積を信号の立ち上がり時間で割った値を用いることにより簡単に、しかも短時間で各電子装置のクロック周波数、信号電圧の振幅、信号の立ち上がり時間および基板の誘電体厚に合った、より正確なシミュレーション実行の有無を判断することができるため、設計時間を短縮できる。

【0021】請求項7の放射ノイズのシミュレーション方法は、放射ノイズのシミュレーションを実行する前に放射ノイズの大きな配線をチェックし、パラメータの修正を可能にしたことにより放射ノイズのシミュレーション、シミュレーション結果の出力、終了判断を行う回数を少なくすることができ、設計時間を短縮することができる。

【0022】請求項8の放射ノイズのシミュレーション方法は、放射ノイズのシミュレーションを実行する前に放射ノイズの大きな配線をチェックし、パラメータの修正を可能にしたことにより放射ノイズのシミュレーション、シミュレーション結果の出力、終了判断を行う回数を極端に少なくすることができるとともに、各配線のシミュレーション実行の有無を判断しシミュレーションを行う配線数を少なくすることから、放射ノイズシミュレーションにかかる時間を短くすることができる。よつ

10

20

30

40

50

(4)

5

て、設計時間を短縮することができる。

【0023】請求項9の放射ノイズのシミュレーション方法は、パラメータ変更の有無を判断する式とシミュレーション実行の有無を判断する式を同一にし、パラメータ変更の有無を判断するパラメータをシミュレーション実行の有無を判断するパラメータの2～5倍程度にすることにより、パラメータ変更の有無を判断するために計算した各配線の値を、シミュレーション実行の有無を判断する値として使用できる。また、パラメータ変更の有無およびシミュレーション実行の有無を判断するパラメータの設定ミスのためシミュレーションを行う配線の数が多くなったり、少なすぎたりすることがなく、パラメータの設定が容易で、しかもシミュレーションを行う配線の数適切な値にすることができるので設計時間を短縮することができる。

【0024】

【実施例】

実施例1. 図1は本発明の実施例1を示す放射ノイズのシミュレーション方法のフローチャートである。図1において、7はデータベース、8はパラメータの入力部、10はシミュレーション実行の有無を判断する機能、11は放射ノイズをシミュレーション実行部、12はシミュレーション結果の出力部、13は終了を判断する機能である。

【0025】図1において、パラメータの入力部8は、例えば放射ノイズのシミュレーションに必要なパラメータであるクロック周波数、信号の波形、振幅、立ち上がり時間、立ち下がり時間、デューティや配線長、基板の誘電率、誘電体の厚さや使用するデバイスの入出力抵抗、入出力キャパシタンス等やシミュレーション実行の有無を判断するパラメータを入力するものであり、例えば物理設計用CAD等を用いてオペレータにより入力されるかデータベース7より読み込まれる。これらパラメータを用い10において各配線のシミュレーション実行の有無を判断し、シミュレーションが必要と判断された配線については11において放射ノイズのシミュレーションが行われる。その結果は12においてディスプレイ、プリンタあるいは記憶装置などに出力する。シミュレーションが必要でない配線についてはシミュレーションが行われなかったことを12において出力する。全ての配線について結果が出力されたならば、13において放射ノイズのシミュレーションを終了するかどうかを判断し、放射ノイズのが大きくシミュレーションを再度行う場合や、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータを変更する場合はパラメータ入力部8に戻り修正を行う。以上のように10によって放射ノイズのシミュレーションを実行する配線数を少なくすることにより、放射ノイズシミュレーション11にかかる時間を短縮することができるため、設計時間を短縮することができる。

6

【0026】実施例2. 前記実施例1において、例えば多層基板で作られたデジタル回路のクロック周波数が10MHz以下のような動作速度の比較的遅い電子装置の場合には、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長を用いることにより、非常に簡単に、しかも非常に短い時間で放射ノイズのシミュレーションを行うことができる。例えばパラメータ入力部8において、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータC1として線路長が10cm ($C1=10\text{cm}$)であることを設定した場合、シミュレーション実行の有無を判断する10においてパラメータ入力部8で物理設計用CAD等により入力した各配線の長さL [cm]とC1 [cm]を(1)式を用いて比較し、10cm以上の配線だけ11において放射ノイズのシミュレーションを行う。

$L > C1 \quad \dots (1)$

以上のように、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長を用いることにより、非常に簡単に、しかも非常に短い時間でシミュレーション実行の有無を判断することができるため、設計時間を短縮できる。ただし、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータC1は他のパラメータに依存して変化する。

【0027】実施例3. 図2は本発明の実施例3を示す放射ノイズのシミュレーション方法のフローチャート、図3は信号波形、図4は信号波形をフーリエ級数展開したときの各周波数における電圧の包絡線である。図2において、7はデータベース、8はパラメータの入力部、9はシミュレーション実行の有無を判別する式を計算する機能、10はシミュレーション実行の有無を判断する機能、11は放射ノイズをシミュレーション実行部、12はシミュレーション結果の出力部、13は終了を判断する機能である。図3において20は信号の振幅、21は信号のパルス幅、22は立ち上がり時間である。図4において23はパルス幅 $\tau 1$ の台形波をフーリエ級数展開したときの各周波数における電圧の包絡線、24はパルス幅 $\tau 2$ ($\tau 1 > \tau 2$)の台形波をフーリエ級数展開したときの各周波数における電圧の包絡線である。

【0028】図2において、パラメータの入力部8は、例えば放射ノイズのシミュレーションに必要なパラメータであるクロック周波数、信号の波形、振幅、立ち上がり時間、立ち下がり時間、デューティや配線長、基板の誘電率、誘電体の厚さや使用するデバイスの入出力抵抗、入出力キャパシタンス等やシミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長とクロック周波数の積C2 [$\text{cm} \cdot \text{MHz}$]を入力するものであり、例えば物理設計用CAD等を用いてオペレータにより入力されるかデータベース7より読み込まれる。ここで、多層基板で作られたデジタル回路の配線を流れる信号が、図3のように振幅20がA [V]、パルス幅21が τ [μsec]、立ち上がり時間22が τr [μsec]

(5)

7

c]、デューティ50%の台形波の繰り返しであるとする、フーリエ級数展開して求めた各周波数における電圧の包絡線は図4のようになる。つまり、 $1/(\mu\tau)$ で決定する周波数まではA[V]、 $1/(\pi\tau)$ から $1/(\pi\tau r)$ までは -20 dB/dec で減少し、 $1/(\pi\tau r)$ 以上の周波数では -40 dB/dec で減少する。従って図4に示したように、各周波数における電圧はパルス幅21に反比例する。放射ノイズは印加される電圧に比例し、パルス幅がクロック周波数に反比例することから放射ノイズはクロック周波数に比例する。よって、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長とクロック周波数の積C2[cm・MHz]を用いることにより、各電子装置のクロック周波数に合った、より正確なシミュレーション実行の有無を判断することができる。例えばパラメータ入力部8において、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータC2として線路長とクロック周波数の積が $100\text{ cm}\cdot\text{MHz}$ であることを設定した場合、9においてパラメータ入力部8で物理設計用CAD等により入力した各配線の長さL[cm]とクロック周波数 f_c [MHz]を用いて(2)式の左辺を計算する。この値をシミュレーション実行の有無を判断する10においてパラメータ入力部8で入力したC2[cm・MHz]と(2)式を用いて比較し、 $100\text{ cm}\cdot\text{MHz}$ 以上の配線だけ11において放射ノイズのシミュレーションを行う。

$$L \cdot f_c > C2 \quad \dots (2)$$

その結果は12においてディスプレイ、プリンタあるいは記憶装置などに出力する。シミュレーションが必要でない配線についてはシミュレーションが行われなかったことを12において出力する。全ての配線について結果が出力されたならば、13において放射ノイズのシミュレーションを終了するかどうかを判断し、放射ノイズの大きくシミュレーションを再度行う場合や、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータを変更する場合はパラメータ入力部8に戻り修正を行う。以上のように、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長とクロック周波数の積を用いることにより比較的簡単に、しかも短い時間で各電子装置のクロック周波数に合った、より正確なシミュレーション実行の有無を判断することができるため、設計時間を短縮できる。ただし、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータC2は他のパラメータに依存して変化する。

【0029】実施例4. 前記実施例3において、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長とクロック周波数と信号電圧の振幅を用いることにより簡単に、しかも短時間で各電子機器のクロック周波数および信号電圧の振幅に合った正確なシミュレーション実行の有無を判断することができる。パラメータの入力部8は、例えば放射ノイズのシミュレーションに必要なパラメータであるクロック周波数、信号の波形、振幅、

8

立ち上がり時間、立ち下がり時間、デューティや配線長、基板の誘電率、誘電体の厚さや使用するデバイスの入出力抵抗、入出力キャパシタンス等やシミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長とクロック周波数と信号電圧の振幅の積C3[cm・MHz・V]を入力するものであり、例えば物理設計用CAD等を用いてオペレータにより入力されるかデータベース7より読み込まれる。ここで、配線を流れる信号が、図3のように振幅20がA[V]、パルス幅21が τ [μsec]、立ち上がり時間22が τ_r [μsec]、デューティ50%の台形波の繰り返しであるとし、フーリエ級数展開して各周波数における電圧の包絡線を求めると図5のようになる。つまり、 $1/(\pi\tau)$ で決まる周波数まではA[V]、 $1/(\pi\tau)$ から $1/(\pi\tau r)$ までは -20 dB/dec で減少し、 $1/(\pi\tau r)$ 以上の周波数では -40 dB/dec で減少する。従って図5に示したように、各周波数における電圧は振幅20に比例する。各周波数における放射ノイズは印加された各周波数における電圧に比例することから放射ノイズは振幅20に比例する。よって、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長とクロック周波数と信号電圧の振幅の積C3[cm・MHz・V]を用いることにより、各電子装置で使用したクロック周波数および信号電圧の振幅に合った、より正確なシミュレーション実行の有無を判断することができる。例えばパラメータ入力部8において、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータC3として線路長、クロック周波数および信号電圧の振幅の積が $300\text{ cm}\cdot\text{MHz}\cdot\text{V}$ であることを設定した場合、9においてパラメータ入力部8で物理設計用CAD等によって入力した各配線の長さL[cm]、クロック周波数 f_c [MHz]および信号電圧の振幅A[V]を用いて(3)式の左辺を計算する。この値をシミュレーション実行の有無を判断する10においてパラメータ入力部8で入力したC3[cm・MHz・V]と(3)式を用いて比較し、 $300\text{ cm}\cdot\text{MHz}\cdot\text{V}$ 以上の配線だけ11において放射ノイズのシミュレーションを行う。

$$L \cdot f_c \cdot V > C3 \quad \dots (3)$$

その結果は12においてディスプレイ、プリンタあるいは記憶装置などに出力する。シミュレーションが必要でない配線についてはシミュレーションが行われなかったことを12において出力する。全ての配線について結果が出力されたならば、13において放射ノイズのシミュレーションを終了するかどうかを判断し、放射ノイズの大きくシミュレーションを再度行う場合や、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータを変更する場合はパラメータ入力部8に戻り修正を行う。以上のように、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長、クロック周波数および信号電圧の振幅の積を用いることにより簡単に、しかも短時間で各電子装

(6)

9

置のクロック周波数および信号電圧の振幅に合った、より正確なシミュレーション実行の有無を判断することができるため、設計時間を短縮できる。ただし、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータC3は他のパラメータに依存して変化する。図5は信号波形をフーリエ級数展開したときの各周波数における電圧の包絡線である。図5において25は振幅A1の台形波をフーリエ級数展開したときの各周波数における電圧の包絡線、26は振幅A2 (A2>A1) の台形波をフーリエ級数展開したときの各周波数における電圧の包絡線である。

【0030】実施例5. 前記実施例4において、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長、クロック周波数、信号電圧の振幅および信号の立ち上がり時間を用いることにより簡単に、しかも短時間で各電子機器のクロック周波数および信号電圧の振幅、立ち上がり時間に合った非常に正確なシミュレーション実行の有無を判断することができる。パラメータの入力部8は、例えば放射ノイズのシミュレーションに必要なパラメータであるクロック周波数、信号の波形、振幅、立ち上がり時間、立ち下がり時間、デューティや配線長、基板の誘電率、誘電体の厚さや使用するデバイスの入出力抵抗、入出力キャパシタンス等およびシミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長、クロック周波数、信号電圧の振幅の積を信号の立ち上がり時間で割った値C4 [cm・MHz・V/μsec]を入力するものであり、例えば物理設計用CAD等を用いてオペレータにより入力されるかデータベース7より読み込まれる。ここで、図6のような振幅A [V] の信号源28に接続された長さL [cm] の配線から放射される電界e [V/m] は周波数をf [MHz]、K₁ を比例定数とすると(4)式のように表せる。

$$e = K_1 \cdot L \cdot f_2 \cdot A \quad \cdots (4)$$

また、配線を通れる信号が図3のように振幅20がA [V]、パルス幅21がτ [μsec]、立ち上がり時間22がτ_r [μsec]、デューティ50%の台形波の繰り返しであるとし、フーリエ級数展開して各周波数における電圧の包絡線を求めると図5のようになる。よって、 $f_1 = 1/(\pi\tau)$ [MHz]、 $f_2 = 1/(\pi\tau_r)$ [MHz] とすると電界E [dBV/m] の包絡線は図7のようになり、K₂ を比例定数とすると(4)式の最大値e_{max}は(5)式で表され、K₃ を比例定数とし、 $f_c = 1/2\tau$ を用いると(6)式のようになる。

$$e_{\max} = K_2 \cdot L \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot A \quad \cdots (5)$$

$$= K_3 \cdot L \cdot f_c \cdot A / \tau_r \quad \cdots (6)$$

よってシミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長、クロック周波数、信号電圧の振幅の積を信号の立ち上がり時間で割った値C4 [cm・MHz・V/μsec]を用いることにより、各電子装置で使

10

り時間に合った、非常に正確なシミュレーション実行の有無を判断することができる。例えばパラメータ入力部8において、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータC4として線路長、クロック周波数および信号電圧の振幅の積を信号の立ち上がり時間で割った値が100 cm・MHz・V/μsecであることを設定した場合、9においてパラメータ入力部8で物理設計用CAD等によって入力した各配線の長さL [cm]、クロック周波数f_c [MHz]、信号電圧の振幅A [V]、信号の立ち上がり時間τ_r [μsec]を用いて(7)式の左辺を計算する。この値をシミュレーション実行の有無を判断する10においてパラメータ入力部8で入力したC4 [cm・MHz・V/μsec]と(7)式を用いて比較し、100 cm・MHz・V/μsec以上の配線だけ11において放射ノイズのシミュレーションを行う。

$$L \cdot f_c \cdot A / \tau_r > C4 \quad \cdots (7)$$

その結果は12においてディスプレイ、プリンタあるいは記憶装置などに出力する。シミュレーションが必要でない配線についてはシミュレーションが行われなかったことを12において出力する。全ての配線について結果が出力されたならば、13において放射ノイズのシミュレーションを終了するかどうかを判断し、放射ノイズの大きくシミュレーションを再度行う場合や、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータを変更する場合はパラメータ入力部8に戻り修正を行う。以上のように、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長、クロック周波数、信号電圧の振幅の積を信号の立ち上がり時間で割った値を用いることにより簡単に、しかも短時間で各電子装置のクロック周波数、信号電圧の振幅および信号の立ち上がり時間に合った、より正確なシミュレーション実行の有無を判断することができるため、設計時間を短縮できる。ただし、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータC4は他のパラメータに依存して変化する。図6は放射ノイズ発生源のモデル、図7は各周波数における放射電界の包絡線である。図6において、27は信号源、28は負荷である。

【0031】実施例6. 前記実施例5において、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長、クロック周波数、信号電圧の振幅、信号の立ち上がり時間および基板の誘電体厚を用いることにより簡単に、しかも短時間で各電子機器のクロック周波数、信号電圧の振幅、立ち上がり時間および基板の誘電体厚に合った非常に正確なシミュレーション実行の有無を判断することができる。パラメータの入力部8は、例えば放射ノイズのシミュレーションに必要なパラメータであるクロック周波数、信号の波形、振幅、立ち上がり時間、立ち下がり時間、デューティや配線長、基板の誘電率、誘電体の厚さや使用するデバイスの入出力抵抗、入出力キ

(7)

11

ャパシタンス等およびシミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長、クロック周波数、信号電圧の振幅、誘電体の厚さの積を信号の立ち上がり時間で割った値 $C5 [cm^2 \cdot MHz \cdot V / \mu sec]$ を入力するものであり、例えば物理設計用CAD等を用いてオペレータにより入力されるかデータベース7より読み込まれる。ここで、図8のような配線6、グランド29、誘電体30によって構成されるマイクロストリップ線路から放射される電界は、グランド29の影響により誘電体の厚さ $d [cm]$ に比例する値となる。従って $K4$ を比例定数とすると(6)式は(8)式のように変形することができる。

$$e_{max} = K4 \cdot L \cdot f_c \cdot A \cdot d / \tau_r \quad (8)$$

よってシミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長、クロック周波数、信号電圧の振幅、誘電体厚の積を信号の立ち上がり時間で割った値 $C5 [cm^2 \cdot MHz \cdot V / \mu sec]$ を用いることにより、各電子装置で使用したクロック周波数、信号電圧の振幅、立ち上がり時間および基板の誘電体厚に合った、非常に正確なシミュレーション実行の有無を判断することができる。例えばパラメータ入力部8において、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータ $C5$ として線路長、クロック周波数、信号電圧の振幅および誘電体厚の積を信号の立ち上がり時間で割った値が $5 cm^2 \cdot MHz \cdot V / \mu sec$ であることを設定した場合、9においてパラメータ入力部8で物理設計用CAD等により入力した各配線の長さ $L [cm]$ 、クロック周波数 $f_c [MHz]$ 、信号電圧の振幅 $A [V]$ 、信号の立ち上がり時間 $\tau_r [\mu sec]$ 、誘電体厚 $d [cm]$ を用いて

(9)式の左辺を計算する。この値をシミュレーション実行の有無を判断する10においてパラメータ入力部8で入力した $C5 [cm^2 \cdot MHz \cdot V / \mu sec]$ と

(9)式を用いて比較し $5 cm^2 \cdot MHz \cdot V / \mu sec$ 以上の配線だけ11において放射ノイズのシミュレーションを行う。

$$L \cdot f_c \cdot A \cdot d / \tau_r > C4 \quad \dots \quad (9)$$

その結果は12においてディスプレイ、プリンタあるいは記憶装置などに出力する。シミュレーションが必要でない配線についてはシミュレーションが行われなかったことを12において出力する。全ての配線について結果が出力されたならば、13において放射ノイズのシミュレーションを終了するかどうかを判断し、放射ノイズのが大きくシミュレーションを再度行う場合や、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータを変更する場合はパラメータ入力部8に戻り修正を行う。以上のように、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長、クロック周波数、信号電圧の振幅および誘電体厚の積を信号の立ち上がり時間で割った値を用いることにより簡単に、しかも短時間で各電子装置のクロック周波数、信号電圧の振幅、信号の立ち上がり時間お

12

よび基板の誘電体厚に合った、より正確なシミュレーション実行の有無を判断することができるため、設計時間を短縮できる。ただし、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータ $C5$ は他のパラメータに依存して変化する。図8はマイクロストリップ線路の断面図である。図8において6は配線、9はグランド、30は誘電体である。

【0032】実施例7. 図9は本発明の実施例7を示す放射ノイズのシミュレーション方法のフローチャートである。図9において、7はデータベース、8はパラメータの入力部、9はパラメータ変更の有無を判別する式を計算する機能、11は放射ノイズをシミュレーション実行部、12はシミュレーション結果の出力部、13は終了を判断する機能、14はパラメータ変更の有無を判断した結果の出力部、15はパラメータ変更の有無を判断する機能である。

【0033】図9において、パラメータの入力部8は、例えば放射ノイズのシミュレーションに必要なパラメータであるクロック周波数、信号の波形、振幅、立ち上がり時間、立ち下がり時間、デューティや配線長、基板の誘電率、誘電体の厚さや使用するデバイスの入出力抵抗、入出力キャパシタンス等やパラメータ変更の有無を判断するパラメータを入力するものであり、例えば物理設計用CAD等を用いてオペレータにより入力されるかデータベース7より読み込まれる。例えばパラメータ入力部8において、パラメータ変更の有無を判断するパラメータ $C5$ として線路長、クロック周波数、信号電圧の振幅および誘電体厚の積を信号の立ち上がり時間で割った値が $10 cm^2 \cdot MHz \cdot V / \mu sec$ であることを設定した場合、9においてパラメータ入力部8で物理設計用CAD等により入力した各配線の長さ $L [cm]$ 、クロック周波数 $f_c [MHz]$ 、信号電圧の振幅 A

$[V]$ 、信号の立ち上がり時間 $\tau_r [\mu sec]$ 、誘電体厚 $d [cm]$ を用いて(9)式の左辺を計算する。この値をパラメータ変更の有無を判断する15においてパラメータ入力部8で入力した $C5 [cm^2 \cdot MHz \cdot V / \mu sec]$ と(9)式を用いて比較し $5 cm^2 \cdot MHz \cdot V / \mu sec$ 以上の配線については、その結果を判別結果の出力部14に出力し、パラメータ入力部8において放射ノイズのシミュレーションに必要なパラメータおよび必要があればパラメータ変更の有無を判別するパラメータを変更する。以上の操作を繰り返し行い、パラメータの変更を必要とする配線がなくなった場合あるいはこれ以上パラメータの変更を行わない場合には11において放射ノイズのシミュレーションを行う。その結果は12においてディスプレイ、プリンタあるいは記憶装置などに出力する。全ての配線について結果が出力されたならば、13において放射ノイズのシミュレーションを終了するかどうかを判断し、放射ノイズのが大きくシミュレーションを再度行う場合や、パラメータ変更の有

(8)

13

無を判断するパラメータを変更する場合はパラメータ入力部8に戻り修正を行う。以上のように15において、放射ノイズのシミュレーションを実行する前に放射ノイズの大きな配線をチェックし、パラメータの修正を可能にしたことにより放射ノイズのシミュレーション11、シミュレーション結果の出力12、終了判断13を行う回数(13においてNとなる回数)を少なくすることができ、設計時間を短縮することができる。

【0034】実施例8. 前記実施例7において、例えば物理設計用CADのレイアウトモジュール等を用いてパラメータの入力8を行う場合、これに連動してリアルタイムにパラメータ変更の有無を判別する式の計算9、パラメータ変更の有無の判断15および9、10の結果の出力14を行うことにより、より作業効率をよくすることができ、設計時間を短縮することができる。

【0035】実施例9. 図10は本発明の実施例9を示す放射ノイズのシミュレーション方法のフローチャートである。図10において、7はデータベース、8はパラメータの入力部、9aはパラメータ変更の有無を判別する式を計算する機能、10はシミュレーション実行の有無を判断する機能、9bはシミュレーション実行の有無を判断する式を計算する機能、11は放射ノイズをシミュレーション実行部、12はシミュレーション結果の出力部、13は終了を判断する機能、14はパラメータ変更の有無を判断した結果の出力部、15はパラメータ変更の有無を判断する機能である。

【0036】図10においてパラメータの入力部8は、例えば放射ノイズのシミュレーションに必要なパラメータであるクロック周波数、信号の波形、振幅、立ち上がり時間、立ち下がり時間、デューティや配線長、基板の誘電率、誘電体の厚さや使用するデバイスの入出力抵抗、入出力キャパシタンス等やパラメータ変更の有無を判断するパラメータおよびシミュレーション実行の有無を判断するパラメータを入力するものであり、例えば物理設計用CAD等を用いてオペレータにより入力されるかデータベース7より読み込まれる。例えばパラメータ入力部8においてパラメータ変更の有無を判断するパラメータC5として線路長、クロック周波数、信号電圧の振幅および誘電体厚の積を信号の立ち上がり時間で割った値が $10\text{ cm}^2 \cdot \text{MHz} \cdot \text{V} / \mu\text{sec}$ であることを設定した場合、9aにおいてパラメータ入力部8で物理設計用CAD等により入力した各配線の長さL

[cm]、クロック周波数 f_c [MHz]、信号電圧の振幅A [V]、信号の立ち上がり時間 τ_r [μsec]、誘電体厚d [cm]を用いて(9)式の左辺を計算する。この値をパラメータ変更の有無を判断する15においてパラメータ入力部8で入力したC5 [$\text{cm}^2 \cdot \text{MHz} \cdot \text{V} / \mu\text{sec}$]と(9)式を用いて比較し $5\text{ cm}^2 \cdot \text{MHz} \cdot \text{V} / \mu\text{sec}$ 以上の配線については、その結果を判別結果の出力部14に出力し、パラメータ入

14

力部8において放射ノイズのシミュレーションに必要なパラメータおよび必要があればパラメータ変更の有無を判別するパラメータを変更する。以上の操作を繰り返し行い、パラメータの変更を必要とする配線がなくなった場合あるいはこれ以上パラメータの変更を行わない場合には次のステップであるシミュレーション実行の有無の判断10へ進む。また、パラメータ入力部8において、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータC2として線路長とクロック周波数の積が $100\text{ cm} \cdot \text{MHz}$ であることを設定した場合、9bにおいてパラメータ入力部8で物理設計用CAD等によって入力した各配線の長さL [cm]とクロック周波数 f_c [MHz]を用いて(2)式の左辺を計算する。この値をシミュレーション実行の有無を判断する10においてパラメータ入力部8で入力したC2 [$\text{cm} \cdot \text{MHz}$]と(2)式を用いて比較し、 $100\text{ cm} \cdot \text{MHz}$ 以上の配線だけ11において放射ノイズのシミュレーションを行う。その結果は12においてディスプレイ、プリンタあるいは記憶装置などに出力する。シミュレーションが必要でない配線についてはシミュレーションが行われなかったことを12において出力する。全ての配線について結果が出力されたならば、13において放射ノイズのシミュレーションを終了するかどうかを判断し、放射ノイズの大きくシミュレーションを再度行う場合や、パラメータ変更の有無やシミュレーション実行の有無を判断するパラメータを変更する場合はパラメータ入力部8に戻り修正を行う。以上のように15において、放射ノイズのシミュレーションを実行する前に放射ノイズの大きな配線をチェックし、パラメータの修正を可能にしたことにより放射ノイズのシミュレーション11、シミュレーション結果の出力12、終了判断13を行う回数(13においてNとなる回数)を極端に少なくすることができるとともに、10において各配線のシミュレーション実行の有無を判断しシミュレーションを行う配線の数を少なくすることから、放射ノイズシミュレーション11にかかる時間を短くすることができる。よって、設計時間を短縮することができる。

【0037】実施例10. 図11は本発明の実施例10を示す放射ノイズのシミュレーション方法のフローチャートである。図11において、7はデータベース、8はパラメータの入力部、9はパラメータ変更の有無を判別する式を計算する機能、10はシミュレーション実行の有無を判断する機能、11は放射ノイズをシミュレーション実行部、12はシミュレーション結果の出力部、13は終了を判断する機能、14はパラメータ変更の有無を判断した結果の出力部、15はパラメータ変更の有無を判断する機能である。

【0038】前記実施例9において、パラメータ変更の有無を判断する式とシミュレーション実行の有無を判断する式を同一にし、パラメータ変更の有無を判断するパ

(9)

15

ラメータをシミュレーション実行の有無を判断するパラメータの2～5倍程度にすることにより、判別式を計算する回数を少なくすることができ、パラメータ変更の有無、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータの設定が容易で、しかもシミュレーションを行う配線の数を適切な値にすることができるので設計時間を短縮することができる。図11においてパラメータの入力部8は、例えば放射ノイズのシミュレーションに必要なパラメータであるクロック周波数、信号の波形、振幅、立ち上がり時間、立ち下がり時間、デューティや配線長、基板の誘電率、誘電体の厚さや使用するデバイスの入出力抵抗、入出力キャパシタンス等やパラメータ変更の有無を判断するパラメータおよびシミュレーション実行の有無判断するパラメータを入力するものであり、例えば物理設計用CAD等を用いてオベレータにより入力されるかデータベース7より読み込まれる。例えばパラメータ入力部8においてパラメータ変更の有無を判断するパラメータC51として線路長、クロック周波数、信号電圧の振幅および誘電体厚の積を信号の立ち上がり時間で割った値が $10\text{ cm}^2 \cdot \text{MHz} \cdot \text{V} / \mu\text{sec}$ であることを設定した場合、9においてパラメータ入力部8で物理設計用CAD等により入力した各配線の長さL [cm]、クロック周波数 f_c [MHz]、信号電圧の振幅A [V]、信号の立ち上がり時間 τ_r [μsec]、誘電体厚d [cm]を用いて(9)式の左辺を計算する。この値をパラメータ変更の有無を判断する15においてパラメータ入力部8で入力したC5 [$\text{cm}^2 \cdot \text{MHz} \cdot \text{V} / \mu\text{sec}$]と(9)式を用いて比較し $5\text{ cm}^2 \cdot \text{MHz} \cdot \text{V} / \mu\text{sec}$ 以上の配線については、その結果を判別結果の出力部14に出力し、パラメータ入力部8において放射ノイズのシミュレーションに必要なパラメータおよび必要があればパラメータ変更の有無を判別するパラメータを変更する。以上の操作を繰り返し行い、パラメータの変更を必要とする配線がなくなった場合あるいはこれ以上パラメータの変更を行わない場合には次のステップであるシミュレーション実行の有無の判断10へ進む。また、パラメータ入力部8において、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータC52として線路長、クロック周波数、信号電圧の振幅および誘電体厚の積を信号の立ち上がり時間で割った値がC51の半分である $5\text{ cm}^2 \cdot \text{MHz} \cdot \text{V} / \mu\text{sec}$ と設定した場合、9において計算した(9)式の左辺をそのまま用い、10においてシミュレーション実行の有無を判断することができる。以上のように、パラメータ変更の有無を判断する式とシミュレーション実行の有無を判断する式を同一にし、パラメータ変更の有無を判断するパラメータをシミュレーション実行の有無を判断するパラメータの2～5倍程度にすることにより、パラメータ変更の有無を判断するために計算した各配線の値を、シミュレーション実行の有無を判断する値として使用でき

16

る。また、パラメータ変更の有無およびシミュレーション実行の有無を判断するパラメータの設定ミスのためシミュレーションを行う配線の数が多くなったり、少なすぎたりすることがなく、パラメータの設定が容易で、しかもシミュレーションを行う配線の数を適切な値にすることができるので設計時間を短縮することができる。

【0039】

【発明の効果】請求項1の放射ノイズのシミュレーション方法は、放射ノイズをシミュレーションする機能と、シミュレーションに必要なパラメータを入力する機能と、シミュレーションした結果を出力する機能を持った放射ノイズシミュレーションシステムにおいて、各配線に対してシミュレーション実行の有無を判断する機能を設けた構成にしたので、放射ノイズのシミュレーションを実行する配線の数を少なくすることにより、放射ノイズシミュレーションにかかる時間を短縮することができるため、設計時間を短縮することができる。

【0040】請求項2の放射ノイズのシミュレーション方法は、請求項1のものにおいて、シミュレーション実行の有無を判断するものとして配線長を用いた構成にしたので、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長を用いることにより、非常に簡単に、しかも非常に短い時間でシミュレーション実行の有無を判断することができるため、設計時間を短縮できる。

【0041】請求項3の放射ノイズのシミュレーション方法は、請求項1のものにおいて、シミュレーション実行の有無を判断するものとして配線長と周波数を用いた構成にしたので、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長とクロック周波数の積を用いることにより比較的簡単に、しかも短い時間で各電子装置のクロック周波数に合った、より正確なシミュレーション実行の有無を判断することができるため、設計時間を短縮できる。

【0042】請求項4の放射ノイズのシミュレーション方法は、請求項1のものにおいて、シミュレーション実行の有無を判断するものとして配線長、周波数と電圧を用いた構成にしたので、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長とクロック周波数および信号電圧の振幅の積を用いることにより簡単に、しかも短時間で各電子装置のクロック周波数および信号電圧の振幅に合った、より正確なシミュレーション実行の有無を判断することができるため、設計時間を短縮できる。

【0043】請求項5の放射ノイズのシミュレーション方法は、請求項1のものにおいて、シミュレーション実行の有無を判断するものとして配線長、周波数と電圧と信号の立ち上がりを用いた構成にしたので、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長とクロック周波数、信号電圧の振幅の積を信号の立ち上がり時間で割った値を用いることにより簡単に、しかも短

(10)

17

時間で各電子装置のクロック周波数、信号電圧の振幅および信号の立ち上がり時間に合った、より正確なシミュレーション実行の有無を判断することができるため、設計時間を短縮できる。

【0044】請求項6の放射ノイズのシミュレーション方法は、請求項1のものにおいて、シミュレーション実行の有無を判断するものとして配線長、周波数と電圧と信号の立ち上がり時間と基板の誘電体厚を用いた構成にしたので、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータとして配線長とクロック周波数、信号電圧の振幅および誘電体厚の積を信号の立ち上がり時間で割った値を用いることにより簡単に、しかも短時間で各電子装置のクロック周波数、信号電圧の振幅、信号の立ち上がり時間および基板の誘電体厚に合った、より正確なシミュレーション実行の有無を判断することができるため、設計時間を短縮できる。

【0045】請求項7の放射ノイズのシミュレーション方法は、放射ノイズをシミュレーションする機能と、シミュレーションに必要なパラメータを入力する機能と、シミュレーションした結果を出力する機能を持った放射ノイズシミュレーションシステムにおいて、放射ノイズのシミュレーションを実行する前に放射ノイズの大きな配線をチェックし、パラメータの修正を可能にした構成にしたので、放射ノイズのシミュレーションを実行する前に放射ノイズの大きな配線をチェックし、パラメータの修正を可能にしたことにより放射ノイズのシミュレーション、シミュレーション結果の出力、終了判断を行う回数を少なくすることができ、設計時間を短縮できる。

【0046】請求項8の放射ノイズのシミュレーション方法は、請求項1～6のものにおいて、シミュレーション実行の有無を判断し放射ノイズのシミュレーションを実行する前に、放射ノイズの大きな配線をチェックし、パラメータの修正を可能にした構成にしたので、放射ノイズのシミュレーションを実行する前に放射ノイズの大きな配線をチェックし、パラメータの修正を可能にしたことにより放射ノイズのシミュレーション、シミュレーション結果の出力、終了判断を行う回数を極端に少なくすることができるとともに、各配線のシミュレーション実行の有無を判断しシミュレーションを行う配線の本数を少なくすることから、放射ノイズシミュレーションにかかる時間を短くすることができる。よって、設計時間を短縮することができる。

【0047】請求項9の放射ノイズのシミュレーション方法は、請求項8において、パラメータ変更の有無の判断およびシミュレーション実行の有無を判断するための判別式を同一にし、シミュレーション実行の有無を判断するパラメータをパラメータ変更の有無の判断に用いるパラメータの2～5倍程度にした構成にしたので、パラメータ変更の有無を判断する式とシミュレーション実行の有無を判断する式を同一にし、パラメータ変更の有無

18

を判断するパラメータをシミュレーション実行の有無を判断するパラメータの2～5倍程度にすることにより、パラメータ変更の有無を判断するために計算した各配線の値を、シミュレーション実行の有無を判断する値として使用できる。また、パラメータ変更の有無およびシミュレーション実行の有無を判断するパラメータの設定ミスのためシミュレーションを行う配線の本数が多くなったり、少なすぎたりすることがなく、パラメータの設定が容易で、しかもシミュレーションを行う配線の本数を適切な値にすることができるので設計時間を短縮することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1を示す放射ノイズのシミュレーション方法のフローチャート図である。

【図2】本発明の実施例3を示す放射ノイズのシミュレーション方法のフローチャート図である。

【図3】本発明の実施例3を説明するための信号波形図である。

【図4】本発明の実施例3を示す信号波形をフーリエ級数展開したときの各周波数における電圧の包絡線図である。

【図5】本発明の実施例4を示す信号波形をフーリエ級数展開したときの各周波数における電圧の包絡線図である。

【図6】本発明の実施例5を説明する放射ノイズ発生源のモデル図である。

【図7】本発明の実施例5を示す各周波数における放射電界の包絡線図である。

【図8】本発明の実施例6を説明するマイクロストリップ線路の断面図である。

【図9】本発明の実施例7を示す放射ノイズのシミュレーション方法のフローチャート図である。

【図10】本発明の実施例9を示す放射ノイズのシミュレーション方法のフローチャート図である。

【図11】本発明の実施例10を示す放射ノイズのシミュレーション方法のフローチャート図である。

【図12】本発明の従来例を示す放射ノイズシミュレーションシステム図である。

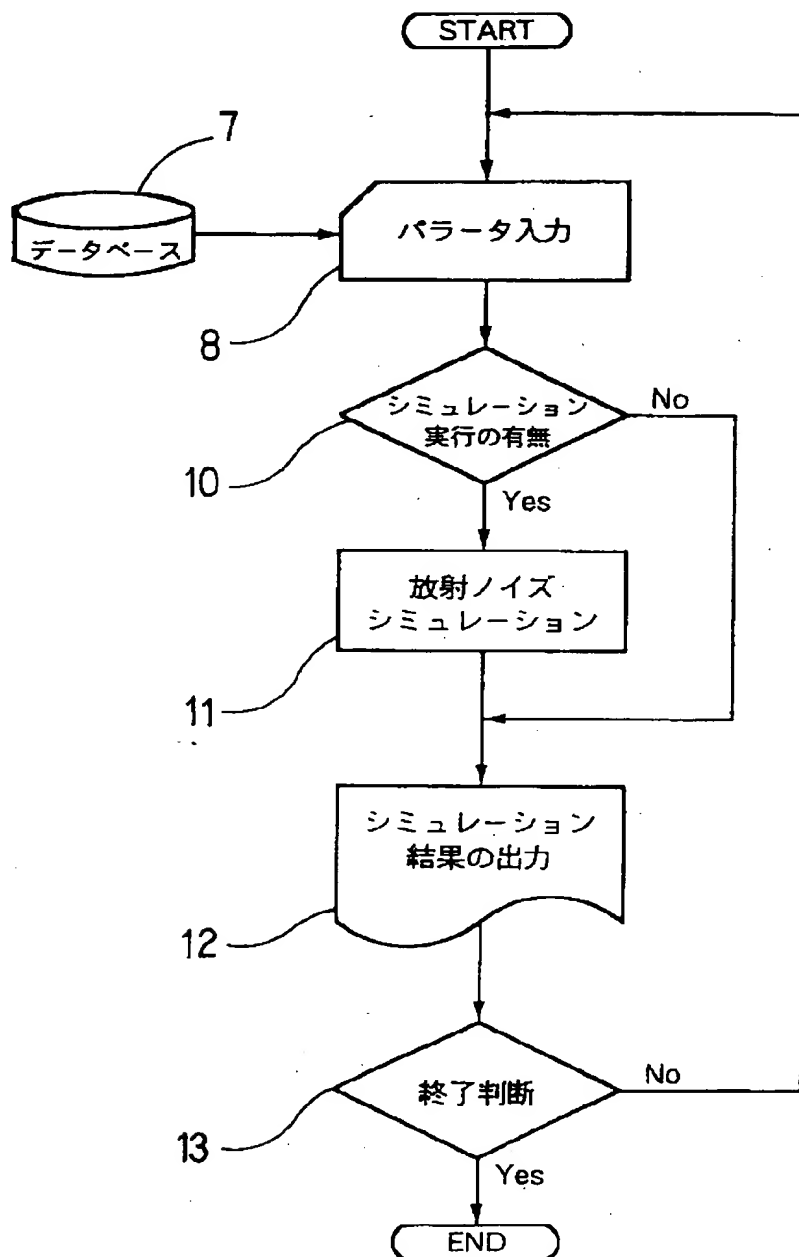
【符号の説明】

- 1 放射ノイズシミュレーション用モジュール
- 2 物理設計用CAD
- 3 データベース
- 4 プリント基板
- 5 IC
- 6 配線
- 7 データベース
- 8 パラメータ入力部
- 9 判別式を計算する機能
- 10 シミュレーション実行の有無を判別する機能
- 11 放射ノイズのシミュレーション実行部

(11)

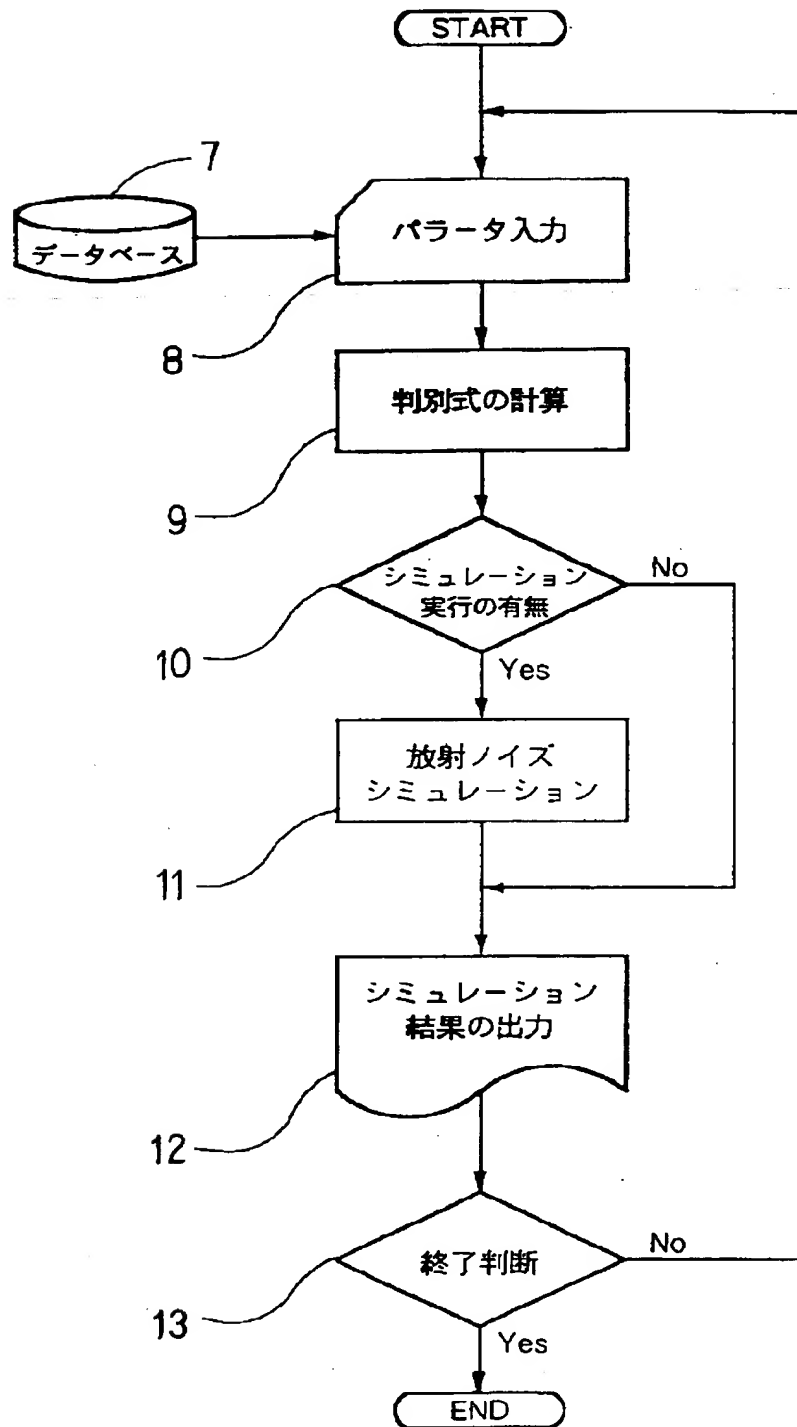
- | | |
|--|---|
| <p>19</p> <p>1 2 シミュレーション結果の出力部</p> <p>1 3 終了を判断する機能</p> <p>1 4 パラメータ変更の有無を判断した結果の出力部</p> <p>1 5 パラメータ変更の有無を判断する機能</p> <p>2 0 信号電圧の振幅</p> <p>2 1 信号のパルス幅</p> <p>2 2 信号の立ち上がり時間</p> <p>2 3 パルス幅 τ_1 の台形波をフーリエ級数展開したときの各周波数における電圧の包絡線</p> <p>2 4 パルス幅 τ_2 の台形波をフーリエ級数展開したと</p> | <p>20</p> <p>きの各周波数における電圧の包絡線</p> <p>2 5 振幅 A_1 の台形波をフーリエ級数展開したときの各周波数における電圧の包絡線</p> <p>2 6 振幅 A_2 の台形波をフーリエ級数展開したときの各周波数における電圧の包絡線</p> <p>2 7 信号源</p> <p>2 8 負荷</p> <p>2 9 グランド</p> <p>3 0 誘電体</p> |
|--|---|

【図 1】



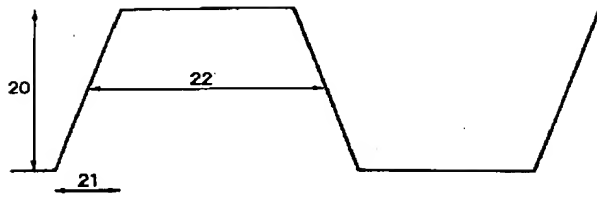
(12)

【図2】

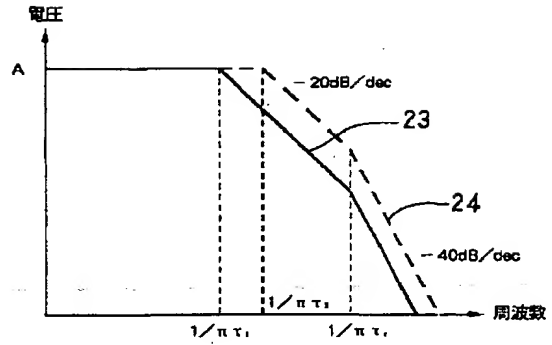


(13)

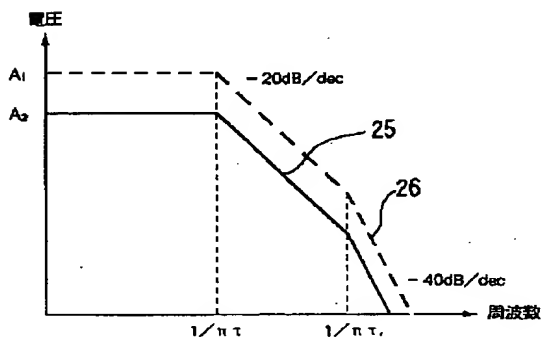
【図3】



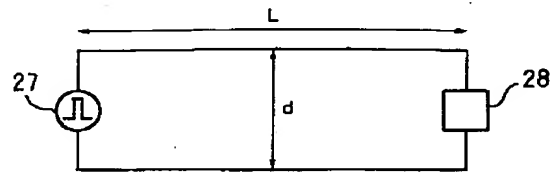
【図4】



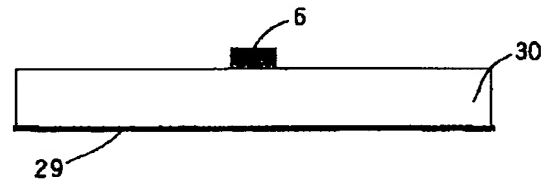
【図5】



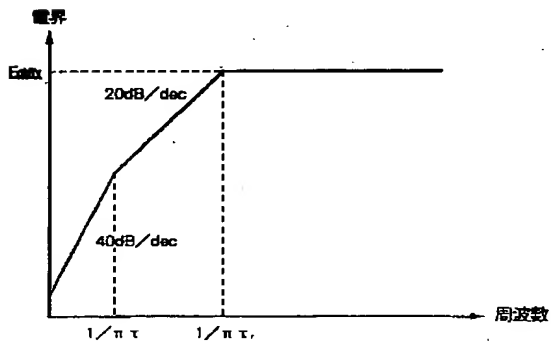
【図6】



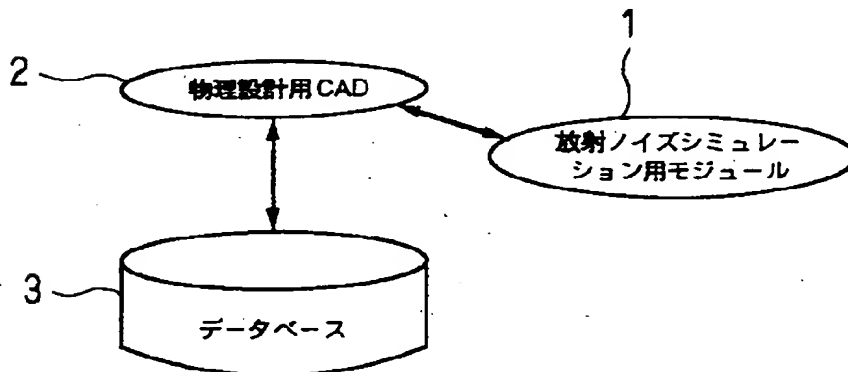
【図8】



【図7】

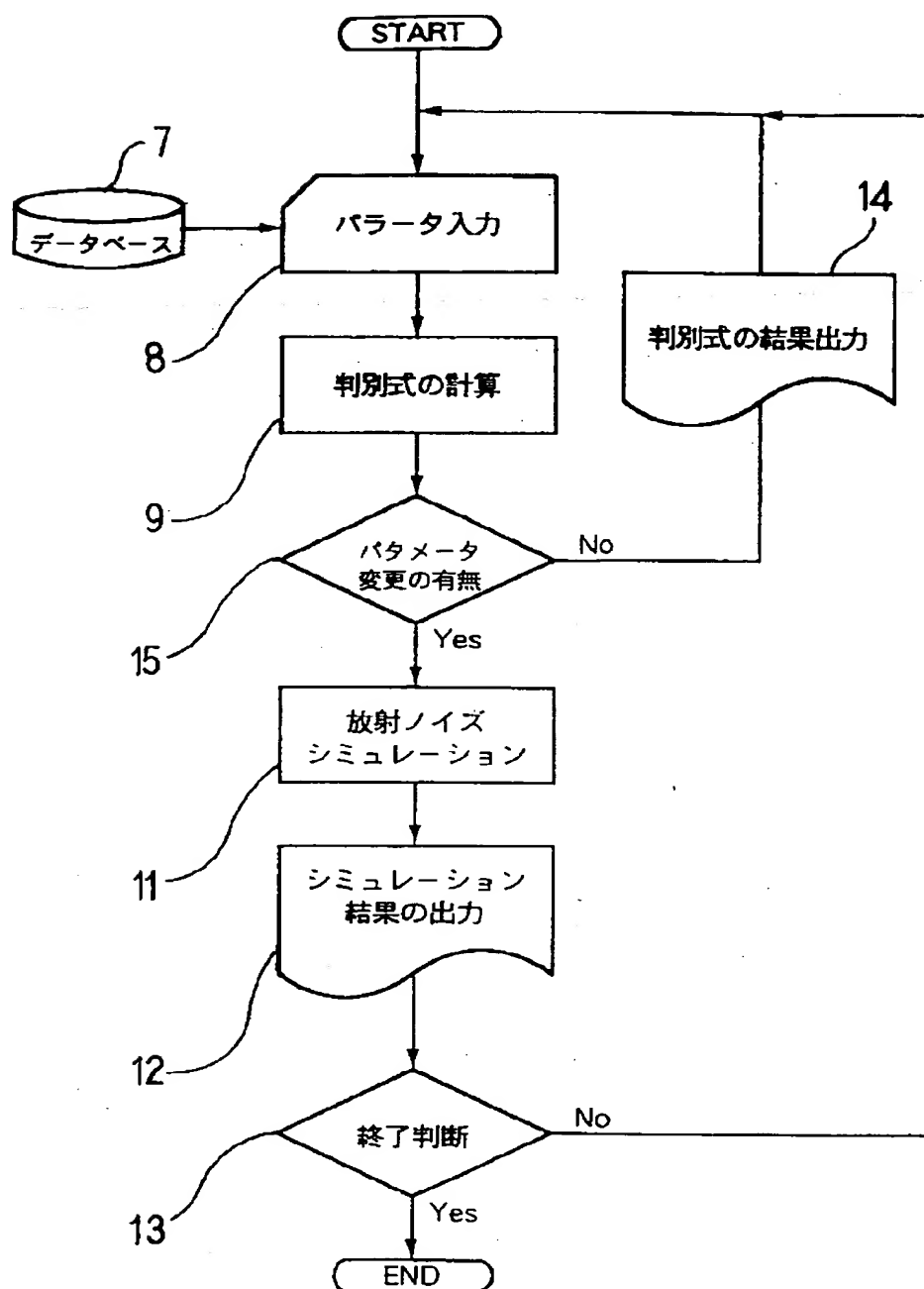


【図12】



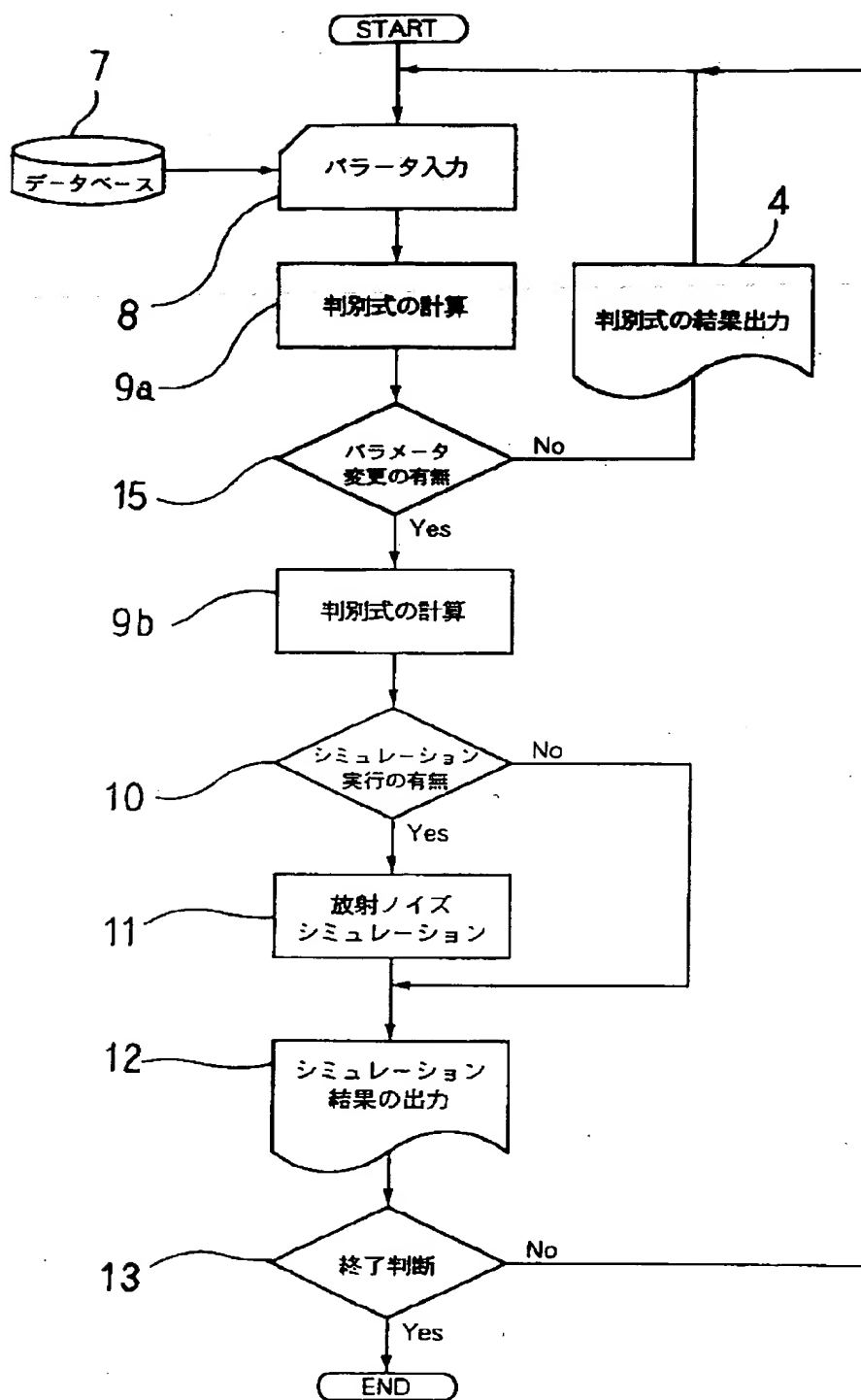
(14)

【図9】



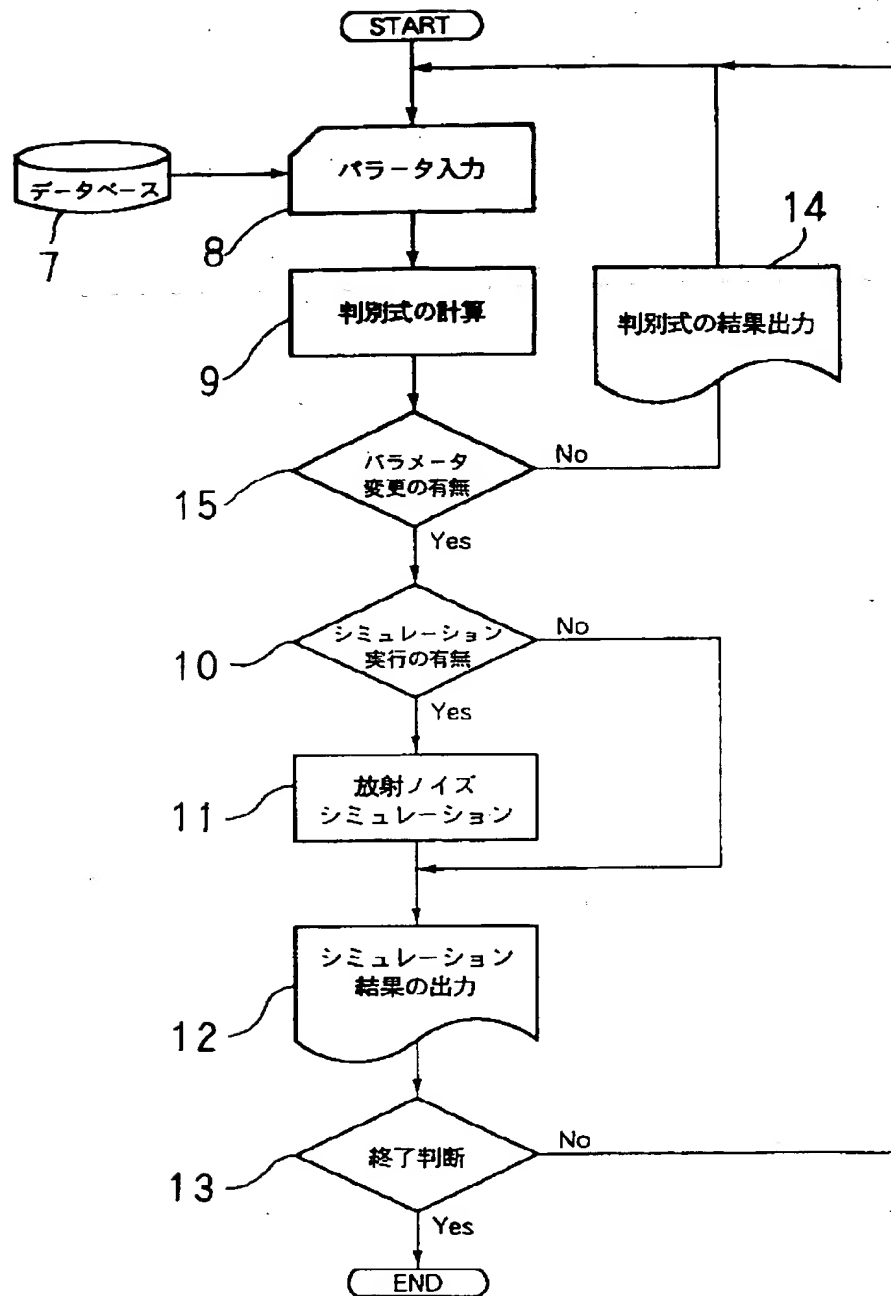
(15)

【図10】



(16)

【図11】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.